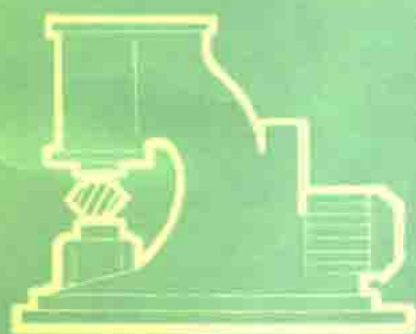


胎模鍛工藝

辛宗仁、李鉄生、李万福編



机械工业出版社

本书共分十章。第一章，胎模锻特点及应用；第二章，胎模锻件分类及胎模分类；第三章，胎模锻件图的制定；第四章，胎模锻件坯料计算和下料方法；第五章，胎模锻用设备吨位的选择；第六章，胎模锻基本工序；第七章，各类锻件胎模锻工艺及实例；第八章，胎模设计；第九章，胎模的反印、使用维护及管理；第十章，胎模操作机械化。

本书主要供中、小型锻造车间的工人、技术人员使用，也可供锻压专业教学和科研人员参考。

胎模锻工艺

辛宗仁、李铁生、李万福编

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可出字第 117 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ · 印张 $11^{7/8}$ · 字数 314 千字

1977年10月北京第一版·1977年10月北京第一次印刷

印数00,001—16,000 · 定价0.98元

*

统一书号：15033·4389

60454/20
前言

在毛主席革命路线指引下，我国从事锻造工作的广大工人和工程技术人员，贯彻党的基本路线和“**鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义**”总路线，大搞技术革新和技术改造，使锻造生产得到了迅速的发展。对于中小批生产的锻造车间，广泛地采用了胎模锻工艺，并且创造和积累了丰富的经验。

为了总结交流经验，进一步推广胎模锻工艺和提高胎模锻工艺水平，充分发挥现有自由锻锤的潜力，我们编写了《胎模锻工艺》这本书。

本书扼要地介绍了胎模锻特点及应用，胎模锻件分类及其工艺的制定，胎模设计以及胎模操作机械化，着重叙述了胎模锻基本工序和各类锻件胎模锻工艺，并列举了一百多种工艺实例，可供从事锻造生产的工人和技术人员参考。

在本书编写过程中，许多工厂的工人和技术人员给予了大力支持和帮助，并请内蒙古工学院锻压教研室审阅，在此一并表示感谢！

由于我们水平有限，征求意见不够广泛，书中定有不少错误和不当之处，希望同志们批评指正。

编者

目 次

第一章 胎模锻特点及应用	1
一、胎模锻与自由锻、锤上模锻的比较	2
二、胎模锻的应用	6
第二章 胎模锻件分类及胎模分类	8
一、胎模锻件分类	8
二、胎模分类	11
第三章 胎模锻件图的制定	15
一、选择分模面	15
二、确定工艺余块、机械加工余量及锻造公差	19
三、模锻斜度	28
四、圆角半径	32
五、冲孔连皮及压凹	33
六、锻件技术条件	34
第四章 胎模锻件坯料计算和下料方法	40
一、胎模锻件坯料计算	40
二、下料方法	51
第五章 胎模锻用设备吨位的选择	57
一、胎模锻用设备	57
二、胎模锻用设备能力的选择	67
第六章 胎模锻基本工序	73
一、镦粗	74
二、拔长	80
三、棒形	84
四、扣形	87
五、冲孔	87
六、扩孔	89
七、弯曲	96
八、翻边	97
九、剥切	97
十、劈形	98
十一、挤压	99

十二、焖形	112
十三、冲切	118
第七章 各类锻件胎模锻工艺及实例	122
一、台阶轴	122
二、销轴	127
三、凸缘轴	138
四、单凸缘锻件	146
五、双凸缘锻件	166
六、有孔凸缘锻件	173
七、环套锻件	191
八、杯筒锻件	201
九、轮盘锻件	212
十、直杆锻件	232
十一、弯杆锻件	238
十二、枝杆锻件	249
十三、叉类锻件	255
十四、多枝体锻件	279
第八章 胎模设计	301
一、摔子	302
二、扣模	307
三、垫模	309
四、套模	316
五、合模	323
六、冲切模	331
七、胎模附件	337
八、胎模材料的选择	345
第九章 胎模的反印、使用维护及管理	348
一、胎模反印法	348
二、胎模的使用维护	357
三、胎模管理	360
第十章 胎模操作机械化	361
一、胎模操作机械化的基本内容	361
二、胎模操作机械化方案	362
三、胎模操作机械化装置结构实例	364

第一章 胎模锻特点及应用

在机械制造业中，锻造是制造毛坯或零件的主要方法之一。可根据锻件的生产批量及形状、尺寸、重量，采用不同锻造方法。

自由锻（图1-1 a）主要用于单件、小批生产。设备采用空气锤、蒸汽-空气自由锻锤与锻造水压机。工具采用平砧及通用工具。锻造过程中，仅有部分金属表面受到工具的限制，其余则为自由表面。

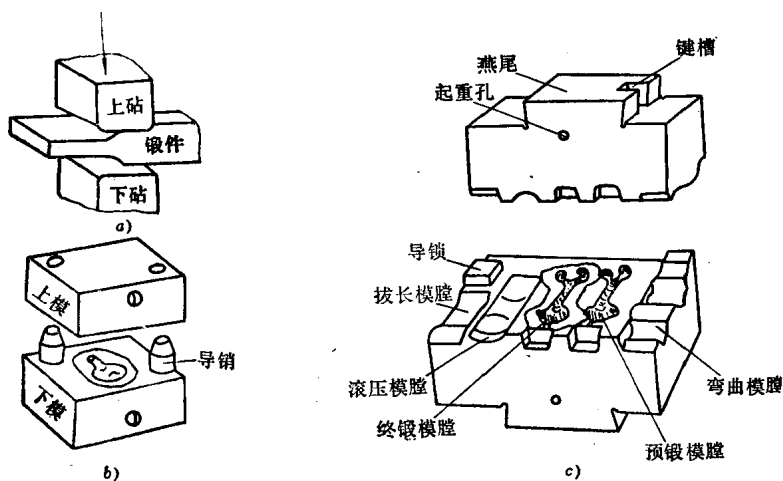


图1-1 锻造方法

a—自由锻；b—胎模锻；c—模锻

模锻（图1-1 c）主要用于成批和大量生产。根据锻件生产批量及形状、尺寸、重量的不同，又可采用模锻锤、平锻机、机械锻压机及摩擦压力机等多种多样的模锻设备。工具采用固定于设备上的专用锻模。锻造过程中，几乎全部金属表面都受到模膛的限制，锻件形状尺寸主要取决于锻模模膛形状尺寸。

胎模锻（图1-1b）主要用于小批及中批生产。设备采用空气锤、蒸汽-空气自由锻锤。工具采用不固定于设备上（活动）的专用胎模。锻造过程中，大量采用自由锻制坯、胎模焖形的工艺。

由此可见，胎模锻是介于自由锻与模锻之间的一种锻造方法。它既具有自由锻的某些特点：设备和工具简单，工艺灵活多样；又具有模锻的某些特点：金属在模膛内最终成形，可获得形状复杂、尺寸准确的锻件，生产效率较高。因此，在讨论与分析胎模锻时，不仅要注意它和自由锻、模锻的共同点及相互联系，充分应用与借鉴自由锻与模锻的经验，而且要注意它和自由锻、模锻的区别及独特之处，避免盲目地机械地搬用。

一、胎模锻与自由锻、锤上模锻的比较

（一）胎模锻与自由锻的比较

如上所述，胎模锻与自由锻采用的设备基本相同，但所用的工具有区别。自由锻主要采用平砧及通用锻造工具，胎模锻除了采用平砧与通用锻造工具外，还采用专用胎模。锻造工具上的改进，使胎模锻较之自由锻具有以下优点：

1. 可以锻制形状复杂、尺寸准确的锻件，因而降低了金属材料消耗，减少了机械加工工时，如表1-1所示。

表1-1 吊车零件自由锻与胎模锻比较

零 件 名 称	自由锻件重量 (公斤)	胎模锻件重量 (公斤)	节约金属重量 (公斤)
5吨吊车齿轮	28.6	21.4	7.2
衬套	22.0	11.8	10.2
齿轮	62.8	33.8	29.0
10吨吊车齿轮	64.7	45.3	19.4
衬套	15.2	8.2	7.0
25吨吊车螺母	101.3	78.0	23.3

2. 提高了劳动生产率。锻件形状及尺寸主要由胎模保证，所需火次及变形工序减少，生产率常比自由锻高出1~5倍。

同时，胎模锻由于采用专用胎模，较之自由锻具有下列缺点：

1. 增加了专用胎模，提高了生产费用。当批量较小时，采用胎模锻在经济上不一定比自由锻合理。

2. 由于模内成形，必须提高设备的吨位。如 560 公斤空气锤可锻造自由锻件重量为 8~25 公斤，而可锻造胎模锻件重量仅为 3~12 公斤。

3. 人力抬模时，劳动强度大。

(二) 胎模锻与锤上模锻的比较

胎模锻与锤上模锻采用设备不同，但所用工具基本相同。只是固定方式不一样，即胎模是不固定于设备上的活动模具，锤模是固定于设备上的固定模具。由于工具固定方式不同，也就影响到变形过程。所以，胎模锻成形过程与锤上模锻终锻过程粗看起来甚为相似，但仔细观察确有不同。简单来说，胎模锻是一种焖模（上、下模闭合）时间较长的成形过程，通常焖模时间以秒计；而锤上模锻是一种焖模时间很短的成形过程，通常焖模时间以毫秒（千分之一秒）计。由于焖模时间的悬殊，胎模锻较之锤上模锻过程具有一系列特点：

1. 高温锻件始终与低温胎模接触，迅速冷却。特别是尖角、凸台及薄筋等部分冷却更快。很短时间内，锻件表面火色由红而黑，并且极不均匀。锤上模锻时，每次锤击后，锤头带着上模立即提起，锻件上部在大气中冷却较慢，在两次打击间隔中，锻件明显地获得均温。

2. 锻件的表面氧化皮，只能在毛坯放入胎模前清理一次，锤击过程中因锻件封闭于胎模内，无法清理氧化皮，也不能润滑模膛。锤上模锻时，每次锤击后都可以不断地用压缩空气吹除氧化皮，并润滑模膛，以获得表面洁净和成形清晰的锻件。

3. 胎模主要靠人力（或部分机械化）抬动、握持及翻转，即锻工不仅需操作锻件，而且需操作胎模。锤上模锻时，锤模固定在锤头上，锻工仅需操作锻件。

4. 自由锻锤的打击速度、打击效率低于同等能量模锻锤。同

时，胎模锻时锤头通过胎模打击锻件，胎模高度减小了锤头有效打击行程，因而降低了有效打击能量。

根据以上分析，胎模锻与锤上模锻相比，主要缺点有：

1. 成形能力低。也就是说所能获得锻件的形状复杂程度低于锤上模锻。主要由于焖模时间长，锻件温度迅速下降，变形抗力增大；表面氧化皮清理不净，润滑条件又差，金属与模膛间摩擦阻力大，金属流动性差；打击速度低，因惯性产生的挤压充满效应不明显。

如图1-2所示为心轴锻件在3吨模锻锤上模锻时，可用坯料直接锻挤成形；而在3吨自由锻锤上胎模锻时，则需先将坯料拔长，预锻头部，最后焖形才能锻出。

2. 锻件精度及表面光洁度低于锤上模锻。

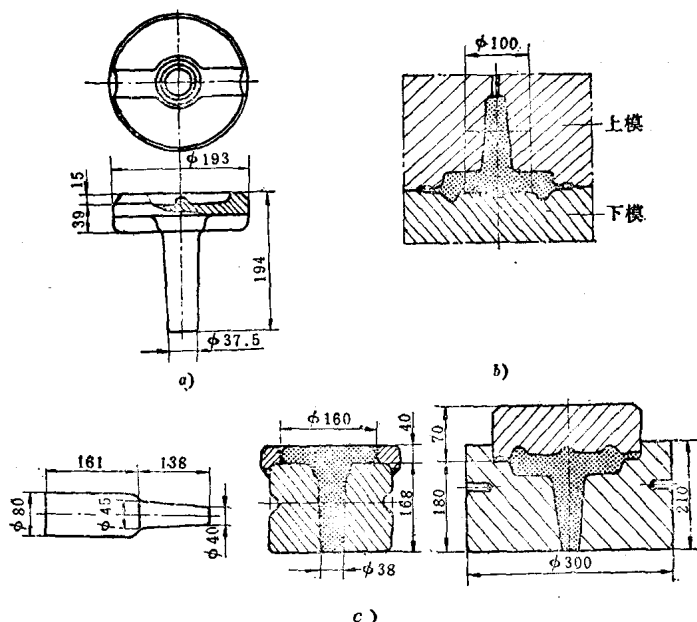


图1-2 心轴锻件锤上模锻与胎模锻

α —锻件（材料：35号钢；重量：7.7公斤）； b —锤上模锻（设备：3吨模锻锤；火次：一火）； c —胎模锻（设备：3吨自由锻锤；火次：二火）

3. 模具寿命低。胎模体积小, 焖模时间又长, 故模温迅速升高, 模面火色由黑而红, 局部甚至软化; 氧化皮清理不净, 润滑条件又差, 加剧了模面磨损; 锤砧在使用后往往不平, 锻造时锤头直接打击在上模上, 造成附加应力。因此, 锤模寿命在千件至万件之间, 而胎模寿命在百件至千件之间。

4. 劳动强度大, 劳动生产率较低。胎模锻工艺常采用自由锻制坯、胎模焖形, 火次多, 消耗工时多; 胎模主要靠人力抬上抬下, 或开或合, 造成机组人员多, 辅助时间长。以10公斤左右台阶轴为例, 锤上模锻生产率是胎模锻的4~5倍; 又如, 5公斤左右齿轮锻件, 其生产率为胎模锻的3~6倍。锻件愈复杂, 生产率差别愈大。

但是, 胎模锻较之锤上模锻也有不少优点:

1. 工艺灵活多样, 锻件种类繁多。由于采用活动胎模和多种变形工序, 胎模锻几乎可以锻出所有类别锻件。设备采用自由锻锤, 投资低于同等能力模锻设备数倍。胎模不固定在设备上, 随用随拿, 不需换模等时间。

2. 金属材料消耗少。采用合模焖形的复杂胎模锻件, 材料消耗近于锤上模锻。但绝大多数旋转体胎模锻件, 由于采用垫模、套模、摔模成形, 不产生或产生很小飞边, 模锻斜度较小, 故金属材料消耗常低于模锻 (表1-2)。

3. 模具费用低。胎模材料价廉、重量小, 制造较简便, 不需要大型与专用模具加工与热处理设备。以5~10公斤中等复杂程度锻件为例, 每套胎模成本300~500元, 而每套锤模则需2000~4000元。

4. 所需设备能力小。胎模锻时金属冷却快, 变形抗力大, 同一锻件采用同类变形工序与模具时, 胎模锻所需设备能力应等于或大于锤上模锻。但是, 胎模锻时由于大量采用摔模、垫模、套模成形, 所需设备能力大大低于锤上有飞边的模锻。即使采用合模焖形, 由于制坯精确, 尽量采用镦粗法代替挤压法充满, 局部焖形代替整件焖形, 局部锤击代替整件锤击等原因, 实际所需设

备能力一般均低于锤上模锻（见表1-2）。

表1-2 解放牌汽车变速箱轴和齿轮锻件金属材料消耗

零 件 名 称	胎 模 锻				模 锻			
	锻件 重量 (公斤)	坯料 重量 (公斤)	坯 料 尺 寸 (毫米)	设 备	锻件 重量 (公斤)	坯料 重量 (公斤)	坯 料 尺 寸 (毫米)	设 备
主轴一、倒速齿轮	7.05	7.5	$\phi 90 \times 156$	750公斤 空气锤	7.6	8.5	$\phi 90 \times 170$	2吨 模锻锤
主轴二、三速齿轮	6.25	6.5	$\phi 90 \times 135$	同上	6.11	7.13	$\phi 80 \times 182$	同上
主轴四速齿轮	4.3	4.5	$\phi 80 \times 120$	同上	4.32	5.0	$\phi 75 \times 145$	同上
主轴五速齿轮	1.95	2.05	$\phi 65 \times 82.5$	400公斤 空气锤	1.82	2.4	$\phi 50 \times 1105/7$ 件	800吨 平锻机
副轴三速齿轮	3.65	3.8	$\phi 75 \times 114$	750公斤 空气锤	3.91	4.4	$\phi 75 \times 127$	2吨 模锻锤
副轴四速齿轮	5.2	5.5	$\phi 80 \times 146$	同上	5.22	6.2	$\phi 80 \times 159$	同上
副轴五速齿轮	5.65	6.0	$\phi 90 \times 125$	同上	5.85	6.6	$\phi 80 \times 169$	同上
主动轴(第一轴)	6.75	7.1	$\phi 75 \times 212$	400公斤 空气锤	6.39	6.71	$\phi 42 \times 622$	1200吨 平锻机
主轴(第二轴)	11.0	11.6	$\phi 70 \times 394$	250公斤 空气锤	9.73	11.9	$\phi 70 \times 395$	3吨 模锻锤
副轴(第三轴)	11.5	12.1	$\phi 75 \times 369$	同上	10.8	12.9	$\phi 85 \times 285$	同上

二、胎模锻的应用

各种锻造方法由于它在技术上与经济上所具有的特点，都有一定的应用范围。主要取决于锻件生产批量大小，同时也要考虑锻件形状、尺寸、重量及现有生产条件等。

一般说来，锻件生产批量在几件、几十件间，形状简单，尺寸与重量较大时多采用自由锻；锻件生产批量在几十件、几百件至几千件，形状较复杂的中小型锻件时多采用胎模锻；锻件生产批

量在千件、万件以上，形状复杂时，多采用模锻或其他专用工艺。

由此可见，胎模锻是一种适用于中小型锻件、中小批量生产的锻造方法。它首先在中小批生产类型工厂（如机床制造、压缩机制造、起重运输机械制造、建筑工程机械制造、石油化工机械制造、机车车辆制造等）的锻造车间得到广泛应用。其次，在一些单件小批生产类型工厂（如重型机床制造、冶金矿山机械制造、电站动力机械制造、船舶制造等）的锻造车间内，如锻件生产批量较大或为了节约金属，减少锻件机械加工工时，也常采用胎模锻。除此，在大批大量生产类型工厂（如汽车制造、拖拉机制造、轴承制造、动力机制造、农机具制造等）的锻造车间内，自用机修备件、工模具锻件也可采用胎模锻。有些锻件虽然生产批量较大，但需用大型或特殊锻压设备（如大型平锻机或多向模锻水压机）而设备利用率很低或现场尚不具备所需设备条件时，采用胎模锻也是合理的（具体实例见第七章）。

第二章 胎模锻件分类及胎模分类

一、胎模锻件分类

为了便于掌握各类锻件的锻造工艺，现将以表2-1及图2-1～图2-14来介绍胎模锻件的分类。分类时主要考虑以下原则：

- (1) 分类尽可能与胎模锻基本工艺方案一致。
- (2) 分类尽可能比较全面地反映胎模锻件的多样性和该类锻件应用的广泛性。
- (3) 分类名称尽可能直观，便于称呼。

表2-1 胎模锻件分类

序 号	锻 件 特 征 及 分 类			锻 件 简 图
1	旋 转 体	长 轴 线	台阶轴	见图2-1
2			销 轴	见图2-2
3			凸缘(法兰)轴	见图2-3
4		短 轴 线	单凸缘(法兰)	见图2-4
5			双凸缘(法兰)	见图2-5
6			有孔凸缘(法兰)	见图2-6
7			环 套	见图2-7
8			杯 筒	见图2-8
9			轮 盘	见图2-9
10	非旋转体 (自由形状)	长 轴 线	直 杆	见图2-10
11			弯 杆	见图2-11
12			枝 杆	见图2-12
13			叉 类	见图2-13
14		短 轴 线	多枝体	见图2-14

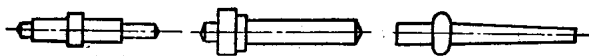


图 2-1

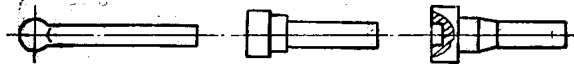


图 2-2

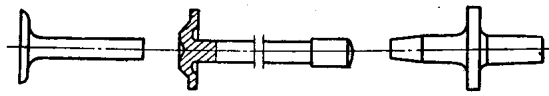


图 2-3

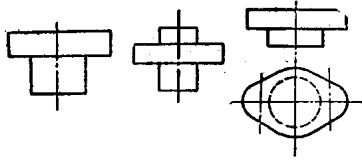


图 2-4

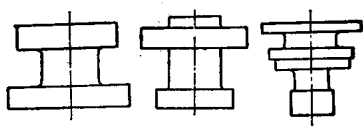


图 2-5

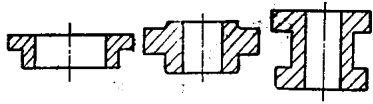


图 2-6

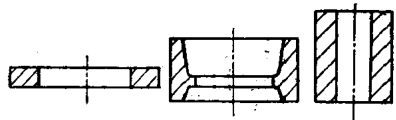


图 2-7

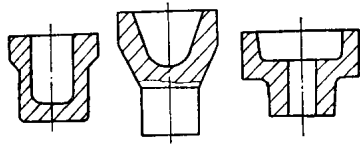


图 2-8

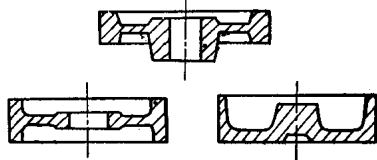


图 2-9

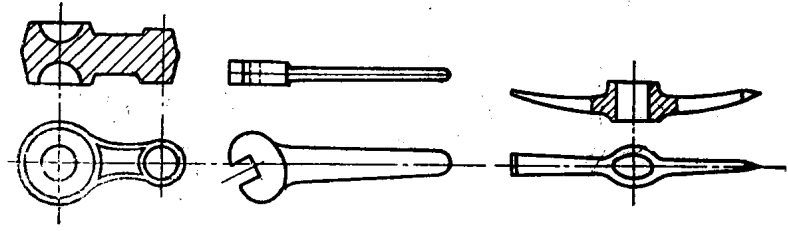


图 2-10

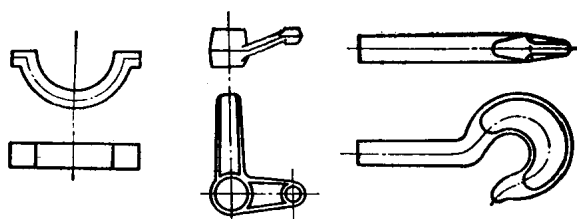


图 2-11

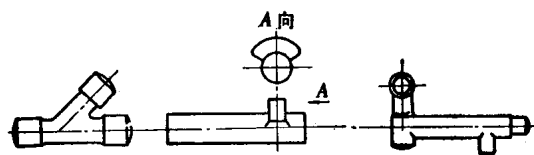


图 2-12

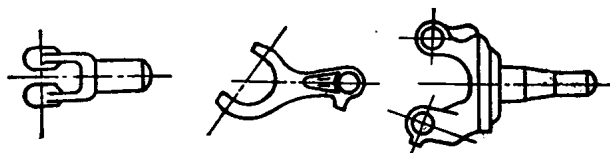


图 2-13

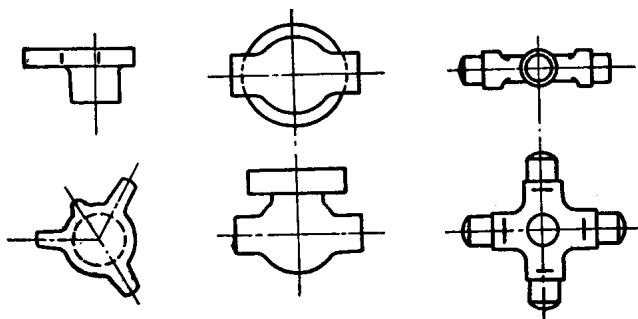
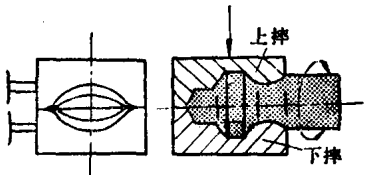
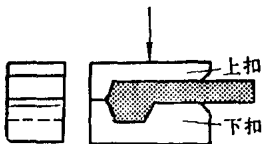
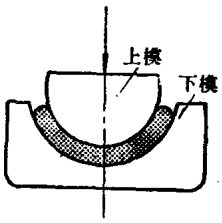
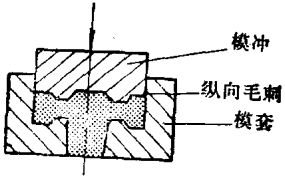


图 2-14

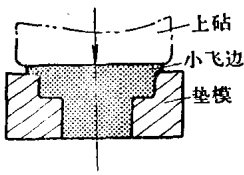
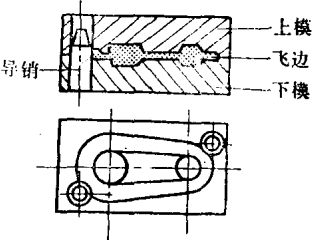
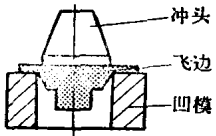
二、胎模分类

胎模锻工艺与胎模类型有紧密联系, 为了便于分析胎模锻工艺规律, 现将胎模分类列于表2-2。由于同类胎模结构多样, 表2-2中只列入各类胎模基型结构, 各类胎模变型结构详见第八章胎模设计。

表2-2 胎模分类

序 号	分 类	简 图
1	摔 模	
2	扣 模	
3	弯 曲 模	
4	套 模	

(续)

序 号	分 类	简 图
5	垫 模	
6	合 模	
7	冲 切 模	

各类胎模结构特点、操作方式及应用简述如下：

(一) 摔模 (摔子)

摔模是最常见的胎模，一般由上、下摔及摔把组成。在锻造过程中，锻工不断旋转锻件，既不产生飞边，也不产生纵向毛刺（有时出现少量端部毛刺），与锤上模锻滚压模膛相近。既可用于制坯，也可用于成形及修整。

由于其工作原理上的特点，摔模只能用于锻制旋转体锻件。无论从节约金属材料，减小所需设备能力，不需切边工序来看，都是一种较好的成形方法。摔模的缺点是每次锤击变形量小，锤击次数多，操作时间长，劳动强度大，生产效率低。